

SOI構造形成技術

古川 静二郎 編著

産業図書

3152.14

表 5.1 分子線エビタキシャル成長、固相エビタキシャル成長およびエビタキシャルアライメント成長と融点 (T_m) との関係、表中の規格温度は各成長温度を融点 (T_m) で規格化したもの¹⁷⁾。

	NiSi ₂ /Si		Si/Si		GaAs/GaAs		InP/InP	
	温度 (K)	規格温度 (K)	温度 (K)	規格温度 (K)	温度 (K)	規格温度 (K)	温度 (K)	規格温度 (K)
分子線エビタキシャル成長	300	0.23 T_m	420	0.25 T_m	360	0.24 T_m	370	0.28 T_m
固相エビタキシャル成長	620	0.49 T_m	770	0.46 T_m	770	0.51 T_m	—	—
エビタキシャルアライメント成長	920	0.73 T_m	1170 ~ 1270	0.69 ~ 0.75 T_m	—	—	—	—

わらず、これらの成長温度がほぼ $\frac{1}{4} T_m, \frac{3}{4} T_m, \frac{1}{2} T_m$ となっていることは極めて興味深い。

一方、a-Si の融点 ($\sim 1200^\circ\text{C}$) が c-Si のそれ ($\sim 1400^\circ\text{C}$) よりも低いとの報告^{18,19)}が最近相ついで行なわれている。これらの結果は 1400°C まで固相成長が生じるとの丁寧な実験結果 (図 5.8) に見られる結果と矛盾しており、1つのパラドックスとなっている。レーザアニールを用い 1200°C 以上に加熱した場合、その初期過程で a-Si 層の表面が溶融し、続いて explosive crystallization が非常に速い速度 (10^3 cm/s) で進行し、a-Si 層が微小粒径の多結晶 Si (粒径: 10 nm) となり、その後のアニール過程で多結晶 Si が SPE 成長するとの仮説^{20,21)}も提案されているが、まだ明らかな解明はなされていない。

固相成長速度は下地 c-Si 基板の面方位²²⁾および a-Si 中に含まれる不純物の種類²³⁾などにより強い影響を受ける。(100), (110) および (111) 面の基板結晶を例にとれば、これらの面上における成長速度の比は、ほぼ $1:0.25\sim 0.33:0.05\sim 0.13$ となる。活性化エネルギー (E_a) の値は成長方位には依存しておらず、したがって pre-exponential 因子 (V_0) が基板の面方位に依存することになる。これらの成長速度が方位に依存する現象は、Drosd-Washburn のモデル⁹⁾によりうまく説明することができる (5.1 節参照)。

成長速度に与える不純物導入の影響を図 5.9²⁴⁾ に示す。B, P, As などの電気的に活性な不純物は成長速度を 10 倍程度促進させ、Ge は変化を与えず、O, N, Ar などは減速させることがわかる。圧力下における固相成長を調べた例²⁵⁾では、20 kbar の静水圧を加え 0.7% 程度の格子ひずみを導入すれば、成長速度が 14 倍増速することが知られている。しかしながら、図 5.9 の場合、不純物導入に基づく格子ひずみは 0.01~0.02% と小さく、したがってこの程度の格子ひずみで成長速度の加速効果を説明することはできない。Si 中でドナーとなる P およびアクセプタとなる B を同時に導入した結果²⁶⁾では、両者の影響は相殺されており、このことから成長速度の加速効果が実効キャリア密度に関係のあることがわかる。また一方、活性化エネルギーの値がこれらの不純物導入により変化しないとの報告も多数行なわれている。

以上の実験結果から、図 5.9 に見られる成長速度の加速効果は、不純物の導

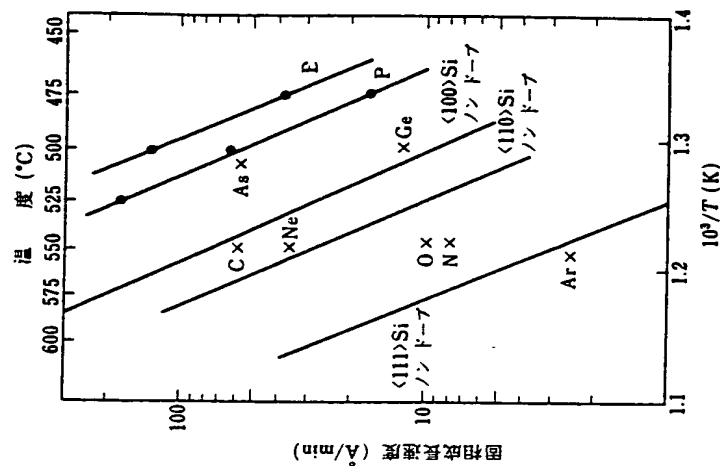


図 5.9 固相成長速度のアニール温度依存性に与える不純物導入の効果²⁴⁾。

<監修者略歴>

菅野 卓雄

昭和29年 東京大学工学部電気工学科卒業
昭和34年 工学博士
現在 東京大学工学部電子工学科教授

<編著者略歴>

古川 静二郎

昭和31年 東京工業大学工学部電気工学科卒業
昭和36年 東京工業大学大学院博士課程修了, 工学博士
現在 東京工業大学大学院総合理工学研究科教授

集積回路プロセス技術シリーズ

SOI 構造形成技術

定価 4200 円

昭和62年10月23日 初版第1刷

編著者

発行者

発行所

古川 静二郎

森田 勝久

産業図書株式会社

東京都千代田区飯田橋 2-11-3

郵便番号 102

電話 東京 (261) 7821 (代)

振替口座 東京 2-27724 番

© Seijiro Furukawa 1987
ISBN4-7828-5625-3 C3055.

新日本印刷・昇栄社製本

Book Title: SOI Structure Formation Technique

Author and Editor: Seijiro Furukawa

Publisher: Sangyo Toshyo

Published Date of the First Edition: October 23, 1987

..... On the other hand, it was successively reported recently that the melting point of a-Si ($\sim 1200^{\circ}\text{C}$) is lower than that of c-Si ($\sim 1400^{\circ}\text{C}$). These results are inconsistent with the experimental data shown Figure 5.8 that the solid-phase growth is occurred until 1400°C , and cause a paradox. It is suggested a hypothesis that in case of heating at 1200°C or more by laser annealing, a surface of a-Si layer is melt at an initial step, explosive crystallization is proceeded at very high speed (10^3 cm/s), then the a-Si layer becomes polycrystalline Si having micro-grain size (Grain Size: 10 nm), the polycrystalline Si proceeds SPE growth by anneal process performed thereafter. However, this hypothesis has not been cleared.

The speed of the solid-phase growth is very affected by plane-direction of a base c-Si substrate and kinds of impurities contained in a-Si. Giving examples of crystalline substrate having (100), (110) or (111) plane, the ratio of growth speed on the surface of each plane is approximately 1:0.25 to 0.33:0.05 to 0.13. An activation energy (E_a) does not depend on the growth direction. Therefore, a pre-exponential element (V_0) becomes to be dependent on the plane-direction. The phenomenon that these growth speed depends on the direction, can be well explained by a model of Drosd-Washburn (Refer to Section 5.1).

Effect of impurities incorporation on the growth speed is shown in Figure 5.9. The impurities B, P, As, etc, which are electrical active, make the growth speed about 10 times faster, and it is found that Ge gives no changes and O, C, N, Ar, etc reduce the speed. In an example of research of the solid-phase growth under pressure, it is known that the growth speed increases 14 times faster in case of water pressure at 20 kbar and matrix strain approximately at 0.7%. However, in case of Figure 5.9, the matrix strain caused by the impurities incorporation is small at 0.01 to 0.02%, and therefore it cannot be explained the acceleration effect of the growth speed by such level of the matrix strain. In the result of simultaneously incorporation of P which becomes a donor in Si and B which becomes an acceptor therein, the effects of both are counterbalanced. Thus, it is found that the acceleration of the growth speed is very related to the

partial effect of carrier density. On the other hand, it is largely reported that the activation energy is not changed by the incorporation of these impurities.

.....

* Chart 5.1 (page 108) shows the relationship between the molecular beam epitaxial growth and the epitaxial-alignment growth and the melting point (T_m).

* Figure 5.9 (page 109) shows the effect of the incorporation of impurities in which the solid-phase growth speed depends on the annealing temperature.